

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-256304

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月21日

(51) Int.Cl.⁶
C 2 3 C 4/10

識別記号

F I
C 2 3 C 4/10

審査請求 未請求 請求項の数37 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-6865
(22) 出願日 平成11年(1999) 1月13日
(31) 優先権主張番号 9 8 0 0 5 1 1 . 9
(32) 優先日 1998年 1月13日
(33) 優先権主張国 イギリス (GB)

(71) 出願人 590005438
ロールス - ロイス、パブリック、リミテッド、カンパニー
ROLLS-ROYCE PUBLIC
LIMITED COMPANY
イギリス国ロンドン、バッキンガム、ゲイト 65
(74) 代理人 弁理士 伊藤 進

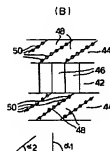
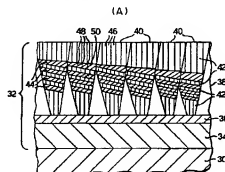
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遮熱コーティングを有する金属部材及びそのコーティングを施す方法

(57) 【要約】

【課題】 熱伝導度の低減された柱状セラミック遮熱コーティングを有する金属部材及びそのコーティングの適用方法を提供する。

【解決手段】 金属部材 (30) は、該金属部材 (30) 上のボンドコート (34) と、該ボンドコート (34) 上のセラミック遮熱コーティング (38) を有する。該セラミック遮熱コーティング (38) は、該金属部材 (30) の表面に対して垂直に延びる複数の柱状グレイン (40) を有する。該柱状グレイン (40) の各々は、複数の層 (42、44) を有する。層 (44) のあるものは、該金属部材 (30) の表面に対して鋭角に延びる複数のサブグレイン (48) を有し隣接するサブグレイン (48) 間にボイド (50) を形成する。ボイド (50) は、該金属部材 (30) の表面に対して鋭角に配列され、それによって該セラミック遮熱コーティング (38) の熱伝導度を低減させる。層 (42) のあるものは、該金属部材 (30) の表面に対して垂直に延びるサブグレイン (46) を有し、エロージョン耐性を付与する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】金属部材上のボンドコートと、該ボンドコート上のセラミック遮熱コーティングとを有する該金属部材において、該セラミック遮熱コーティングは該金属部材の表面に対し実質的に垂直に延びる複数の柱状グレインを有し、該柱状グレインの各々は該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層を有し、隣接するサブグレインの間にはボイドが形成され、該ボイドは該金属部材の表面に対して鋭角に配列され、それによって該セラミック遮熱コーティングの熱伝導度を低減させることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項2】請求項1記載の金属部材において、該柱状グレインの各々は、該金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する少なくとも1つの更なる層を有し、該金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する少なくとも1つの更なる層は、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層よりも金属部材の表面から遠方に配列され、該セラミック遮熱コーティングのエロージョン耐性を増大させていることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項3】請求項2記載の金属部材において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有して隣接するサブグレイン間にボイドを形成する複数の層と、該金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する複数の更なる層とが存在することを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項4】請求項3記載の金属部材において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有して隣接するサブグレイン間にボイドを形成する層が、該金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する更なる層と交互に配列されていることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項5】請求項1乃至3いずれかに記載の金属部材において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを備えた隣接する層における該サブグレインが、異なる角度で以て配列されていることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項6】請求項5記載の金属部材において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを備えた隣接する層における該サブグレインが、その鋭角の角度を漸減させて配列されていることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項7】請求項1乃至6いずれかに記載の金属部材において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを備えた複数の層の該サブグレインが、 10° から 60° の間の角度で配列されていることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項8】請求項7記載の金属部材において、該金属

部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを備えた複数の層の該サブグレインが、 20° から 45° の間の角度で配列されていることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項9】請求項8記載の金属部材において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを備えた複数の層の該サブグレインが、 30° の角度で配列されていることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項10】請求項1乃至9いずれかに記載の金属部材において、前記ボンドコートは、前記金属部材上のアルミニウム含有ボンドコートを含み、該アルミニウム含有ボンドコートはアルミナ表面層を有し、該セラミック遮熱コーティングが該アルミナ表面層の上に配列されることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項11】請求項10記載の金属部材において、該アルミニウム含有ボンドコートはエムクラリー・ボンドコート又は拡散アルミニドコートを含むことを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項12】請求項1乃至9いずれかに記載の金属部材において、該ボンドコートは、該金属部材上のエムクラリー・ボンドコート、該エムクラリー・ボンドコート上のプラチナ高含有エムクラリー層、該プラチナ高含有エムクラリー層上のプラチナ・アルミニド層を含み、該プラチナ・アルミニド層はアルミナ表面層を有し、該セラミック遮熱コーティングが該アルミナ層上に形成されることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項13】請求項1乃至9いずれかに記載の金属部材において、該金属部材はアルミナ表面層を有し、該セラミック遮熱コーティングが、該アルミナ層上に形成されることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項14】請求項1乃至13いずれかに記載の金属部材において、該金属部材は、ニッケル超合金部材又はコバルト超合金部材を包含することを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項15】請求項1乃至13いずれかに記載の金属部材において、該金属部材は、タービン翼又はタービン羽根を包含することを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項16】請求項1乃至15いずれかに記載の金属部材において、該セラミック遮熱コーティングは、ジルコニアを包含することを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項17】請求項1乃至15いずれかに記載の金属部材において、ジルコニアはイットリアで安定化されていることを特徴とする遮熱コーティングを有する金属部材。

【請求項 18】金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法であって、該方法が、該金属部材にボンドコート形成する行程と、セラミック遮熱コーティングを、その複数の柱状グレインが該金属部材の表面に対して実質的に垂直になるように、該ボンドコート上に蒸着により形成する行程とを有するものにおいて、該蒸着のプロセスは、該セラミック遮熱コーティングを、該柱状セラミックグレインの各々において複数の層が形成されるように堆積させる第一の堆積モードを含み、該複数の層は、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有して該隣接するサブグレインの間にボイドを形成し、該ボイドは、該金属部材の表面に対して鋭角に配列され、それによって該セラミック遮熱コーティングの熱伝導度を低減させることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 19】請求項 18 記載の方法において、該蒸着のプロセスは、該セラミック遮熱コーティングを、該柱状のセラミックグレインの各々において少なくとも 1 つの更なる層を形成するように堆積させる第二のモードを含み、該少なくとも 1 つの更なる層は、該金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有し、該金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する該少なくとも 1 つの更なる層は、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する該複数の層よりも、該金属部材の表面から遠方に配列されて、該セラミック遮熱コーティングのエロージョン耐性を増大させていることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 20】請求項 19 記載の方法において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層を堆積し隣接するサブグレインの間にボイドを形成する行程と、該金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する複数の更なる層を堆積することを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 21】請求項 20 記載の方法において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有し該隣接するサブグレインの間にボイドを形成した複数の層と、該金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する複数の更なる層とを交互に堆積することを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 22】請求項 18 乃至 20 いずれかに記載の方法において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する隣接する層における該サブグレインを異なった角度で堆積させることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 23】請求項 22 記載の方法において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する隣接する層における該サブグレインを漸減する鋭角の角

度で堆積させることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 24】請求項 18 乃至 23 いずれかに記載の方法において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層における該サブグレインを、 10° から 60° の角度で配列させることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 25】請求項 24 記載の方法において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層における該サブグレインを、 20° から 45° の角度で配列させることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 26】請求項 25 記載の方法において、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層における該サブグレインを、 30° の角度で配列させることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 27】請求項 18 乃至 26 いずれかに記載の方法において、該金属部材の表面をセラミック蒸気の流束に対して鋭角に配置し、該金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層を形成し、そして隣接するサブグレインの間にボイドを形成するように、該金属部材を傾斜させたことを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 28】請求項 19 記載の方法において、該金属部材の表面をセラミック蒸気の流束に対して垂直に配置し、該金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する層を形成するように、該金属部材を配置したことを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 29】請求項 18 乃至 28 いずれかに記載の方法において、アルミニウム含有ボンドコートを該金属部材上に形成し、該アルミニウム含有ボンドコート上にアルミナ層を形成したことを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 30】請求項 29 記載の方法において、該アルミニウム含有ボンドコートは、エムクラリー合金、アルミニド又はプラチナ・アルミニドを含むことを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 31】請求項 18 乃至 28 いずれかに記載の方法において、該金属部材上にエムクラリー・ボンドコートを形成し、該エムクラリー・ボンドコート上にプラチナ高含有エムクラリー層を形成し、該プラチナ高含有エムクラリー層上にプラチナ・アルミニド層を形成し、そして、該プラチナ・アルミニド層上にアルミナ表面層を形成したことを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 32】請求項 18 乃至 28 いずれかに記載の方法

において、該金属部材上にアルミナ表面層を形成したことを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 33】請求項 18 乃至 32 いずれかに記載の方法において、該金属部材は、ニッケル超合金部材又はコバルト超合金部材から形成されるものであることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 34】請求項 18 乃至 33 いずれかに記載の方法において、該金属部材は、タービン翼又はタービン羽根を包含することを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 35】請求項 18 乃至 33 いずれかに記載の方法において、該セラミック遮熱コーティングは、ジルコニアを含むものであることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 36】請求項 35 記載の方法において、該セラミック遮熱コーティングは、イットリウムで安定化されたジルコニアを含むものであることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【請求項 37】請求項 18 乃至 36 いずれかに記載の方法において、物理蒸着法を含むものであることを特徴とする金属部材にセラミック遮熱コーティングを施す方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばガスタービンエンジンのタービン翼などの超合金部材の表面に適用される遮熱コーティングを有する金属部材に関し、更にその遮熱コーティングを施す方法に関する。本発明は、特にセラミック遮熱コーティングに関する。

【0002】

【従来の技術】ガスタービンの運転温度の高温化を求める強い要望が絶えず出され、これに対して、先ず、タービン翼・タービン羽根の空冷やそれらを作成する超合金材の開発によってその要求に対応し、その運転期間を延長してきた。また、更なる高温化へ対応するために、その燃焼チャンバーの排気ガスに含まれる排熱からタービン翼・タービン羽根を断熱するためのセラミック被覆材の開発がなされ、こうして再び、それらの運転期間が延ばされた。

【0003】従来技術において、こうしたセラミック被覆材を、金属基体上に設けられた好適なボンドコート、例えばエムクラリー(McCrall)合金ボンドコートの上に、熱溶射法又はプラズマ溶射法によって形成することが知られている。

【0004】また、従来技術において、これらのセラミック被覆材を、金属基体上に設けられたアルミナ界面層を有する好適なボンドコート、例えばエムクラリー合金ボンドコート若しくは拡散アルミニウム・ボンドコートの上

に、物理蒸着法を用いて作成することも知られている。【0005】更にまた、従来技術において、これらのセラミック被覆材を、金属基体上に形成された酸化物質層の上にプラズマ溶射法若しくは物理蒸着法を用いて作成することも知られている。

【0006】物理蒸着法によるセラミック遮熱コーティングは、プラズマ溶射法によるそれに対し有利な点を持っている。その主要な利点は、その物理蒸着法によるセラミック遮熱コーティングが柱状構造であるために、熱衝撃に対する抵抗性が改善された点である。

【0007】物理蒸着法によって作成された遮熱コーティングについての問題点としては、その熱伝導度が、プラズマ溶射で製造された同じ遮熱コーティングの熱伝導度よりも大きいということである。

【0008】複数の層とそれら隣接する層の間に界面を有する柱状セラミック遮熱コーティングを作成することは、国際特許出願W09318199Aから知られている。各柱状グレインは、その金属部材の表面に対して垂直に延びている。各柱状グレインは、複数の層を有し、隣接する層は異なった構造を有している。隣接する層の間の界面は、そのセラミック遮熱コーティングの熱伝導度を低減する。これらの層は、物理蒸着法とプラズマ利用物理蒸着法を交互に用いることで作成される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、そのセラミック遮熱コーティングが熱伝導度を低減させる、柱状セラミック遮熱コーティングを有する金属部材を提供しようとするものである。更に、本発明は、熱伝導度を低減させる柱状セラミック遮熱コーティングを作成するために物理蒸着法を用いてセラミック遮熱コーティングを適用する方法を提供しようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】従って、本発明は、金属部材上のボンドコートと、該ボンドコート上のセラミック遮熱コーティングとを有した該金属部材を提供するものであり、このセラミック遮熱コーティングは該金属部材の表面に対して実質的に垂直に延びる複数の柱状グレインを有し、該柱状グレインの各々はこの金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを備えた複数の層を有して隣接するサブグレイン間にボイド（空隙）を形成し、これらボイドは該金属部材の表面に対して鋭角に配列され、それによってこのセラミック遮熱コーティングの熱伝導度を低減させるものである。

【0011】好例として、各柱状グレインは、この金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する少なくとも一つのものよりなる層を有しており、そして、金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する、その少なくとも一つもの層は、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層よりも金属部材の表面から遠くに配列されており、セラミック遮

熱コーティングのエロージョン耐性を増大させる。

【0012】好例として、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有し隣接するサブグレインの間にボイドを形成する複数の層と、金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する複数の層とが形成される。

【0013】好例として、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有し、隣接するサブグレイン間にボイドを形成する層は、金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する他の更なる層と交互に配列される。

【0014】金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する隣接する層におけるそれらサブグレインは、異なった角度で配列され得る。金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する隣接する層におけるそれらサブグレインは、漸減する鋭角の角度を以って配列され得る。

【0015】好例として、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する前記の少なくとも一つの層におけるそれらサブグレインは、 10° から 60° の間の角度、より好ましくは、 20° から 45° の間の角度、更に好ましくは 30° の角度で配列される。

【0016】好例として、前記のボンドコートは、金属部材上のアルミニウム含有ボンドコートから構成され、該アルミニウム含有ボンドコートはアルミナ表面層を有し、セラミック遮熱コーティングは、このアルミナ層の上に配列される。

【0017】このアルミニウム含有ボンドコートは、エムクラリー・ボンドコート又は拡散アルミニドコートとすることが出来る。

【0018】好例として、ボンドコートは、金属部材上のエムクラリー・ボンドコートと、該エムクラリー・ボンドコート上のプラチナ高含有エムクラリー層と、該プラチナ高含有エムクラリー層上のプラチナ・アルミニド層とを有し、このプラチナ・アルミニド層はアルミナ表面層を有し、セラミック遮熱コーティングは、このアルミナ層の上に形成される。

【0019】或いはこれらに代わるものとしては、アルミナ表面層を金属部材に形成し、このアルミナ層の上にセラミック遮熱コーティングを形成するようにする。

【0020】金属部材を、ニッケル超合金部材又はコバルト超合金部材とすることが出来る。

【0021】金属部材を、タービン翼又はタービン羽根とすることが出来る。

【0022】セラミック遮熱コーティングを、ジルコニアとすることが出来る。該ジルコニアをイットリアで安定化されたものとする事が出来る。

【0023】本発明は、また、金属部材にセラミック遮熱コーティングを適用する方法を提供するものであり、該方法は次のステップからなる。即ち、金属部材上にボ

ンドコートを形成すること、次いで、蒸着によって該ボンドコートにセラミック遮熱コーティングを施し複数の柱状グレインが金属部材の表面に対して実質的に垂直に延びるようにすることであり、この蒸着法は、該セラミックスを柱状のセラミックグレインをなして複数の層に形成する第一の堆積モードを含み、この複数の層は金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有して隣接する該サブグレイン間にボイドを形成し、該ボイドは、金属部材の表面に対して鋭角に配列され、それによってセラミック遮熱コーティングの熱伝導度を低減させている。

【0024】好例として、この蒸着法は、柱状のセラミックグレインをなす少なくとも一つの更なる層を形成するように、セラミックスを堆積させる第二の堆積モードを含むが、この少なくとも一つの更なる層は、金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有し、そして、金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有するこの少なくとも一つの更なる層は、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する前記の複数の層よりも金属部材の表面から遠くに配列され、それによって、セラミック遮熱コーティングのエロージョン耐性を増大させている。

【0025】好例として、本発明の方法は、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層を堆積させて隣接するサブグレイン間にボイドを形成させること、及び金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する複数の更なる層を堆積させることを含む。

【0026】好例として、本発明の方法は、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有し隣接するサブグレイン間にボイドを形成する複数の層と、金属部材の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する複数の更なる層とを交互に堆積させることを含む。

【0027】本発明の方法は、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する隣接する層におけるそのサブグレインを異なった角度で堆積させることが出来る。

【0028】本発明の方法は、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する隣接する層におけるそのサブグレインを該鋭角の角度を漸減させて堆積させることが出来る。

【0029】好例として、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有するその少なくとも一つの層におけるそれらサブグレインは、 10° から 60° の間の角度、より好ましくは、 20° から 45° の間の角度、更に好ましくは 30° の角度で配列される。

【0030】好例として、本発明の方法は、金属部材をその表面がセラミック蒸気の流れに対して鋭角になるように傾けて、金属部材の表面に対して鋭角に延びるサブグレインを有する複数の層を形成し、その隣接する複数

のサブグレイン間にボイドを形成することを含む。

【0031】好例として、本発明の方法は、金属材料をその表面がセラミック蒸気の流束に対して垂直になるように配列し、金属材料の表面に対して垂直に延びるサブグレインを有する複数の層を形成することを含む。

【0032】好例として、本発明の方法では、アルミニウム含有ボンドコートを金属材料上に作成し、アルミナ層をこのアルミニウム含有ボンドコート上に形成することもできる。

【0033】このアルミニウム含有ボンドコートは、エムクラリー合金、アルミニド又はプラチナ・アルミニドとすることができる。

【0034】本発明の方法では、金属材料の上にエムクラリー・ボンドコートを作成し、このエムクラリーボンドコートの上にプラチナ高含有エムクラリー層を形成し、このプラチナ高含有エムクラリー層の上にプラチナ・アルミニド層を形成し、このプラチナ・アルミニド層の上にアルミナ表面層を形成することもできる。

【0035】本発明の方法では、金属材料の上にアルミナ表面層を形成することもできる。

【0036】金属材料は、ニッケル超合金部材又はコバルト超合金部材でもって作成することができる。

【0037】金属材料は、タービン翼又はタービン羽根とすることができる。

【0038】セラミック遮熱コーティングを、ジルコニア、特にイットリア安定化ジルコニアとすることができる。

【0039】

【発明の実施の形態】従来技術を示す図1には、数字12で全体的に示されている多層遮熱コーティングを有した超合金部材（基体）10の一部が示されている。それは既に作成された状態で示されている。遮熱コーティング12は、超合金部材10上のボンドコート14と、このボンドコート14上の酸化物層16と、この酸化物層16上のセラミック遮熱コーティング18とを備えている。ボンドコート14は、一般的にアルミニウム含有合金、例えばエムクラリー（MCrAlY）合金であり、この場合において、金属Mは、ニッケルNi、コバルトCo及び鉄Feのうちの少なくとも一つ、ニッケル・アルミニド、コバルト・アルミニド又はプラチナ・アルミニドのいずれかである。酸化物層は、一般的に、他の酸化物と共にアルミナを含む。

【0040】セラミック遮熱コーティング18は、超合金部材10の表面に対して実質的に垂直に延びる複数の柱状セラミックグレイン20を有している。

【0041】この従来の柱状セラミック遮熱コーティング18の熱伝導率は、従来のプラズマ溶射セラミック遮熱コーティングの熱伝導率よりも大きい、ということが知られている。

【0042】多層遮熱コーティング12を超合金部材1

0上に形成するには、まず、エムクラリー合金ボンドコート14をプラズマ溶射若しくは物理蒸着を用いて堆積するか、ニッケルアルミニド・ボンドコート14を拡散アルミニウム処理で形成するか、又はプラチナ・アルミニド・ボンドコート14をプラチナ改良処理された拡散アルミニウム処理で形成するか、のいずれかに依って行われる。それから、セラミック遮熱コーティング18が、物理蒸着、通常は、電子ビーム物理蒸着によって、このボンドコート14の上に形成される。酸化物層16は、超合金部材10が電子ビーム物理蒸着チャンパー内でその操作温度まで加熱される間に、その酸素によって酸化されボンドコート14上に形成される。超合金部材10が、電子ビーム物理蒸着チャンパー内のセラミック蒸気下で回転され、セラミック遮熱コーティング18が形成される。

【0043】本発明を示す図2Aにおいて、数字32で全体的に示されている多層遮熱コーティングを備えた超合金部材30の一部が示されている。それは既に作成された状態で示されている。遮熱コーティング32は、超合金部材30上のボンドコート34と、このボンドコート34上の酸化物層36と、この酸化物層36上のセラミック遮熱コーティング38とを備えている。ボンドコート34は、一般的にアルミニウム含有合金、例えばエムクラリー（MCrAlY）合金であり、この場合において、金属Mは、ニッケルNi、コバルトCo及び鉄Feのうちの少なくとも一つ、ニッケル・アルミニド、コバルト・アルミニド又はプラチナ・アルミニドのいずれかである。酸化物層は、一般的に、他の酸化物と共にアルミナを含む。

【0044】セラミック遮熱コーティング38は、超合金部材30の表面に対して実質的に垂直に延びる複数の柱状セラミックグレイン40を有している。更に、各柱状セラミックグレイン40は、複数の層42及び44を含んでいる。その層42内のサブグレイン46は、超合金部材30の表面に対して実質的に垂直に、角度アルファ1（ α_1 ）で延びており、そして、層44内のサブグレイン48は超合金部材30の表面に対して鋭角の角度、アルファ2（ α_2 ）でもって延びている。更に、また、ボイド50、若しくは孔が、層44内の隣接するサブグレイン48の間に形成されているが、これは図2Bにより明瞭に示されており、またこのボイド50は、超合金部材の表面に対して、同じ鋭角、アルファ2（ α_2 ）で配列されている。これらの層42及び44の間の構造上の相違は、セラミック遮熱コーティング38の熱伝導度を低減させる界面を作り出している。これらの層の厚さは、フォノン熱伝導率又はフォノン熱伝導度のいずれかを低減させるために選択される。付言する、層44内の隣接するサブグレイン48の間のボイド50は、セラミック遮熱コーティング18のフォノン熱伝導度を低減させる。これら層42及び44は交互に配

列されて、最後の厚い層44を伴って、優れたエロージョン耐性を提供する。

【0045】本発明による柱状セラミック遮熱コーティング38の熱伝導率は、図1に示した従来の柱状セラミック遮熱コーティング18よりも低い熱伝導率を有することが見出された。

【0046】隣接するサブグレイン48の間のボイド50の存在は、フォノンの平均自由行程長さを短くすることで柱状セラミック遮熱コーティング38のフォノン熱伝導度を低減させることになる、と思われる。

【0047】多層遮熱コーティング32を超合金部材30上に形成するには、まず、エムクラリー合金ボンドコート34をプラズマ溶射若しくは物理蒸着を用いて堆積するか、ニッケル・アルミニウム・ボンドコート34を拡散アルミニウム処理で形成するか、又はプラチナ・アルミニウム・ボンドコート34をプラチナ改良処理された拡散アルミニウム処理で形成するか、のいずれかに依って行われる。それから、セラミック物理蒸着チャンバー38が、物理蒸着、通常は、電子ビーム物理蒸着によって、このボンドコート34の上に形成される。酸化物層36は、超合金部材30が電子ビーム物理蒸着チャンバー内でその操作温度まで加熱される間に、そこの酸素によって酸化されボンドコート34上に形成される。

【0048】超合金部材30が、電子ビーム物理蒸着チャンバー内のセラミック蒸気下で回転され、セラミック遮熱コーティング38が形成される。層42は、超合金部材30の表面がセラミック源からのセラミック蒸気の流れに対して実質的に垂直に位置している間に、セラミックを堆積することにより作成される。層44は、超合金部材30の表面がセラミック源からのセラミック蒸気の流れに対し鋭角に位置している間に、セラミックを堆積することにより作成される。かくして、超合金部材30は、電子ビーム物理蒸着チャンバー内で回転される間、2つの位置の間で周期的に傾けられる。この層は、超合金部材30の表面がセラミック源からのセラミック蒸気の流れに対して、 10° から 60° 、好ましくは 20° から 45° 、より好ましくは 30° の角度に位置している状態で、作成されるのが好ましい。

【0049】傾角アルファ2 (α_2) が比較的小さい場合には、柱状セラミック遮熱コーティング38にエロージョン耐性を付与するために層42が必要とされ得る。傾角アルファ2 (α_2) が比較的小さいとき、図7から知れるように、この柱状セラミック遮熱コーティングは、そのエロージョン耐性が非常に良くない、しかし一方、図8から知れるように、この小さな傾角傾角アルファ2 (α_2) では、熱伝導率が比較的高い。傾角アルファ2 (α_2) が小さすぎなければ、金属部材30の表面に対する異なった傾角傾角アルファ2 (α_2) で作成され、かつ/又は、金属部材30の表面に対し反対方向に同じ傾角アルファ2 (α_2) で作成されたこの層

44を、単に一層おきに配列することも可能である。

【0050】本発明の更に他の実施例を示す図3において、数字62で全体的に示されている多層遮熱コーティングを備えた超合金部材60の一部が示されている。それは既に作成された状態で示されている。遮熱コーティング62は、超合金部材60上のボンドコート64と、このボンドコート64上の酸化物層66と、この酸化物層66上のセラミック遮熱コーティング68とを備えている。ボンドコート64は、一般的にアルミニウム含有合金であり、例えば、エムクラリー (McCrAlY) 合金コート70 (この場合、金属Ni、ニッケルNi、コバルトCo及び鉄Feのうちの少なくとも一つ) と、更にプラチナ高含有エムクラリー層72及びプラチナ・アルミニウム層74 (欧州特許出願EP0718419Aにより十分に開示されている) である。酸化物層66は、一般にアルミナとすることができ。

【0051】セラミック遮熱コーティング68は、図2Aに関して述べたものと類似したものであるが、再脱すると、それは超合金部材60の表面に対して実質的に垂直に延びる柱状セラミックグレイン76を含んでいる。更に、各柱状セラミックグレイン76は、複数の層78及び80を含んでいる。その層78内のサブグレイン82は、超合金部材60の表面に対して実質的に垂直に延びており、そして、層80内のサブグレイン84は超合金部材60の表面に対して鋭角の角度でもって延びている。更にまた、ボイド86。若しくは孔が、層80内の隣接するサブグレイン84の間に形成されている。これらの層78及び80の間の構造上の相違は、セラミック遮熱コーティング68の熱伝導度を低減させる界面を作り出している。これらの層の厚さは、フォノン熱伝導度又はフォトン熱伝導度のいずれかを低減させるために選択される。付言すると、層80内の隣接するサブグレイン84の間のボイド86は、セラミック遮熱コーティング68のフォノン熱伝導度を低減させる。これら層78及び80は交互に配列されて、最後の厚い層78を伴い、優れたエロージョン耐性を具現する。

【0052】ボンドコート64は、エムクラリー合金ボンドコートを堆積し、このエムクラリー合金ボンドコート上にプラチナを堆積し、次いで熱処理を行いこのプラチナをエムクラリー合金ボンドコートに拡散させる。

【0053】本発明の更に他の実施例を示す図4において、数字92で全体的に示されている多層遮熱コーティングを備えた超合金部材90の一部が示されている。それは既に作成された状態で示されている。遮熱コーティング92は、超合金部材90上のボンドコート94と、このボンドコート94上の酸化物層96と、この酸化物層96上のセラミック遮熱コーティング98とを備えている。ボンドコート94は、一般的に、超合金部材上に形成されたプラチナ高含有ガム(y)及びプラチナ高含有ガン(y')層であり、これについては欧州特許出願EP0

718420Aにより十分に開示されている。酸化物層96は、一般にアルミナとすることができ、

【0054】セラミック遮熱コーティング98は、図2Aに関して述べたものと類似したものであるが、再説すると、それは超合金部材90の表面に対して実質的に垂直に延びる柱状セラミックグレイン100を含んでいる。更に、各柱状セラミックグレイン100は、複数の層102及び104を含んでいる。その層102内のサブグレイン106は、超合金部材90の表面に対して実質的に垂直に延びており、そして、層104内のサブグレイン108は超合金部材90の表面に対して鋭角の角度でもって延びている。更にまた、ボイド110、若しくは孔が、層104内の隣接するサブグレイン108の間に形成されている。これらの層102及び104の間の構造上の相違は、セラミック遮熱コーティング98のフォトン熱伝導度を低減させる界面を作り出し、一方、隣接する層104の構造上の相違は、その層の厚さに依存するフォトン熱伝導度を低減させる界面を作り出している。付言すると、層104内の隣接するサブグレイン108の間のボイド110は、セラミック遮熱コーティング98のフォトン熱伝導度を低減させる。これら層104では、超合金部材90の表面に対して異なる鋭角の角度を以て延びているサブグレイン108を有する各層104が、一層おきに交互に配列されている。本例においては、サブグレイン108は、反対方向で同一角度をなしている。厚い層102が、エロージョン耐性を奏するため層の最上部に設けられている。

【0055】ボンドコート94は、超合金部材上にプラチナを堆積し、次いで熱処理を行ってこのプラチナを超合金部材に拡散させることによって形成する。

【0056】本発明の更に他の実施例を示す図5において、数字122で全体的に示されている多層遮熱コーティングを備えた超合金部材120の一部が示されている。それは既に作成された状態で示されている。遮熱コーティング122は、超合金部材120上のボンドコート124と、このボンドコート124上のセラミック遮熱コーティング126とを備えている。ボンドコート124は、一般的にアルミナからなる酸化物層である。

【0057】セラミック遮熱コーティング126は、図2Aに関して述べたものと類似したものであるが、再説すると、それは超合金部材120の表面に対して実質的に垂直に延びる柱状セラミックグレイン128を含んでいる。更に、各柱状セラミックグレイン128は、複数の層130及び132を含んでいる。その層130内のサブグレイン134は、超合金部材120の表面に対して実質的に垂直に延びており、そして、層132内のサブグレイン136は超合金部材120の表面に対して鋭角の角度でもって延びている。更にまた、ボイド138、若しくは孔が、層132内の隣接するサブグレイン136の間に形成されている。これらの層130及び1

32の間の構造上の相違は、セラミック遮熱コーティング126の熱伝導度を低減させる界面を作り出している。これらの層の厚さは、フォトン熱伝導度若しくはフォトン熱伝導度のいずれかを低減させるために選択される。付言すると、層132内の隣接するサブグレイン136の間のボイド138は、セラミック遮熱コーティング126のフォトン熱伝導度を低減させる。これら層130及び132は、交互に配列され、最後の厚い層130を伴って、優れたエロージョン耐性を具現する。

【0058】ボンドコート124は、超合金部材120を酸化することにより形成される。

【0059】本発明の更に他の実施例を示す図6において、数字142で全体的に示されている多層遮熱コーティングを備えた超合金部材140の一部が示されている。それは既に作成された状態で示されている。遮熱コーティング142は、超合金部材140上のボンドコート144と、このボンドコート144上の酸化物層146と、この酸化物層146上のセラミック遮熱コーティング148とを備えている。ボンドコート144は、エムクラリー(MCrAlY)コーティングとすることができ、この場合、金属Mは、ニッケルNi、コバルトCo及び鉄Feのうちの少なくとも一つであり、酸化物層は、一般的にアルミナである。

【0060】セラミック遮熱コーティング148は、図2Aに関して述べたものと類似したものであるが、再説すると、それは超合金部材140の表面に対して実質的に垂直に延びる柱状セラミックグレイン150を含んでいる。更に、各柱状セラミックグレイン150は、複数の層152及び154を含んでいる。その層152内のサブグレイン156は、超合金部材140の表面に対して実質的に垂直に延びており、そして、層154内のサブグレイン158は超合金部材140の表面に対して鋭角の角度でもって延びている。更にまた、ボイド160、若しくは孔が、層154内の隣接するサブグレイン158の間に形成されている。これらの層152及び154の間の構造上の相違は、セラミック遮熱コーティング148の熱伝導度を低減させる界面を作り出している。これらの層の厚さは、フォトン熱伝導度又はフォトン熱伝導度のいずれかを低減させるために選択される。付言すると、層154内の隣接するサブグレイン158の間のボイド160は、セラミック遮熱コーティング148のフォトン熱伝導度を低減させる。隣接する層154は、そのサブグレイン158を異なった鋭角に配列しており、このサブグレイン158の角度は、最小の鋭角からサブグレイン156を90°の角度に持った層152に至るまで緩やかに変化する。また、そのサブグレイン158の角度は最小の鋭角に至るまで緩やかな変化をすることが注視されるべきである。

【0061】図7は、柱状セラミックグレイン中のサブグレインの傾角に対するセラミック遮熱コーティングの

エロージョン率を表している。エロージョン率は、サブグレインが超合金部材の表面に対して垂直に配列されているときに最も小さく、その表面となしている鋭角が減少するに従って徐々に増加していることが知られる。

【0062】図8は、柱状セラミックグレイン中のサブグレインの傾角に対するセラミック遮熱コーティングの熱伝導率を表している。熱伝導率は、サブグレインが超合金部材の表面に対して垂直に配列されているときに最も大きく、その表面となしている鋭角が減少するに従って徐々に減少していることが知られる。

【0063】従って、理想的に言えば、セラミック遮熱コーティングは、その熱伝導度を最小にする為に、そのサブグレインを金属部材の表面に対して非常に小さな鋭角をもって配列すべきである。しかしながら、こうするとセラミック遮熱コーティングのエロージョン耐性は非常に悪くなることになる。それゆえ、エロージョン耐性を落とすことなく熱伝導度を低下させる為に、金属部材の表面に対して小さな鋭角をなすサブグレインを有する層と、金属部材の表面に対して垂直のサブグレインを有する層とを設けることが好ましい。

【0064】金属部材の表面に対して角度 10° から 60° 、より好ましくは 20° から 45° 、好ましくは 30° をなすサブグレインを有する層と、金属部材の表面に対して垂直のサブグレインを有する層とを使用することが望ましい。適切なエロージョン耐性と熱伝導度の低減を得るためには、異なった方向に配向されたサブグレインを有する各層を多くの異なった配列に設けることが可能である。

【0065】エロージョンが問題とならないような状況下では、金属部材の表面に対して鋭角に配列されたサブグレインを有する1つ又はそれを超える数の層を設けることも可能である。

【0066】一連の実験において、ニッケル合金部材のサンプル上に遮熱コーティングが堆積された。エムクラリー・ボンドコートが、N75ニッケル合金部材のサンプルの上に堆積され、アルミナ層がこのエムクラリー・ボンドコートの上に形成され、そして、イットリア安定化ジルコニア・セラミック遮熱コーティングが、このアルミナ層の上に電子ビーム物理蒸着によって形成された。N75ニッケル合金は、19.5重量%のクロムCr、0.4重量%のチタンTi、0.1重量%の炭素C、及び残余のニッケルNiを含む。エムクラリーは、31.0—33.0重量%のニッケルNi、20.0—22.0重量%のクロムCr、7.0—9.0重量%のアルミニウムAl、0.35—0.65重量%のイットリウムY、そして残余のニッケルNiと隣接する不純物を含む。セラミック遮熱コーティングは、このサンプルの上に2つの操作モードで堆積された。

【0067】実施例1

第一の操作モードにおいて、超合金部材を回転速度45

rpmの一定速度で回転させながら、かつその超合金部材の表面をセラミックの流束に対して実質的に垂直にした状態で、64マイクロメートルのセラミックを堆積させた。第二の操作モードにおいて、超合金部材を回転速度2.5rpmの一定速度で回転させ、かつその超合金部材の表面をセラミック源からのセラミック蒸気の流束に対して $+25^\circ$ の鋭角から -25° の鋭角の間で一定に移動しながら、190マイクロメートルのセラミックを堆積させた。セラミック遮熱コーティングの熱伝導度が測定され、それは1.53W/m/Kであった。

【0068】実施例2

第一の操作モードにおいて、超合金部材を回転速度45rpmの一定速度で回転させながら、かつその超合金部材の表面をセラミックの流束に対して実質的に垂直にした状態で、64マイクロメートルのセラミックを堆積させた。第二の操作モードにおいて、超合金部材を回転速度45rpmの一定速度で回転させ、かつその超合金部材の表面をセラミック源からのセラミック蒸気の流束に対して $+25^\circ$ の鋭角から -25° の鋭角の間で一定に移動しながら、190マイクロメートルのセラミックを堆積させた。セラミック遮熱コーティングの熱伝導度が測定され、それは1.66W/m/Kであった。

【0069】実施例3

第一の操作モードにおいて、超合金部材を回転速度6rpmの一定速度で回転させながら、かつその超合金部材の表面をセラミックの流束に対して実質的に垂直にした状態で、26マイクロメートルのセラミックを堆積させた。第二の操作モードにおいて、超合金部材を回転速度2.5rpmの一定速度で回転させ、かつその超合金部材の表面をセラミック源からのセラミック蒸気の流束に対して $+25^\circ$ の鋭角から -25° の鋭角の間で一定に移動しながら、228マイクロメートルのセラミックを堆積させた。セラミック遮熱コーティングの熱伝導度が測定され、それは1.51W/m/Kであった。

【0070】実施例4

第一の操作モードにおいて、超合金部材を回転速度6rpmの一定速度で回転させながら、かつその超合金部材の表面をセラミックの流束に対して実質的に垂直にした状態で、26マイクロメートルのセラミックを堆積させた。第二の操作モードにおいて、超合金部材を回転速度45rpmの一定速度で回転させ、かつその超合金部材の表面をセラミック源からのセラミック蒸気の流束に対して $+25^\circ$ の鋭角から -25° の鋭角の間で一定に移動しながら、228マイクロメートルのセラミックを堆積させた。セラミック遮熱コーティングの熱伝導度が測定され、それは1.46W/m/Kであった。

【0071】上記4つの実施例において、イットリア安定化ジルコニア・セラミックス全体の厚さは、254マイクロメートルであった。実施例1から4までのサブグレインは、部材の表面に対し 0° から 25° の間の角度

で配列されている。層の厚さは、部材の回転速度で違って変化する。隣接する層内のサブグレインの角度は、一方向に向けて25°から0°に、他の方向に向けて0°から25°に徐々に変化する。

【0072】従来の電子ビーム物理蒸着によって作成された254マイクロメートルのイットリア安定化ジルコニアの熱伝導率は、約1.7から1.8W/m/Kである。1から4までのコーティングは、従来の電子ビーム物理蒸着によるイットリア安定化ジルコニアに比べて、その熱伝導率が低減していることが知れる。

【0073】1から4において、その超合金部材をセラミック蒸気の流動方向に対して2つの異なる鋭角位置の間で連続的に移動させ、かつそのセラミック蒸気の流動方向に対して垂直に位置する第三の位置を通過させながら、セラミックを堆積させたが、その超合金部材を、セラミック蒸気の流動方向に対する2つの異なる鋭角位置の各点で所定の時間停止させることが可能である。また、超合金部材を、その第三の位置で所定の時間停止させることも可能である。セラミックは、相応しいセラミック、例えばジルコニア、イットリア安定化ジルコニア、ハフニア、セリア、アルミナ等とすることができ。

【0074】セラミック遮熱コーティングは、通例として、物理蒸着法で堆積され、好ましくは、電子ビーム物理蒸着又はスパッタリングで堆積されるが、化学蒸着又は燃焼化学蒸着も使用できる。燃焼化学蒸着は、1997年6月19日発行の国際特許出願W09721848A1に開示されている。

【0075】セラミック遮熱コーティングは、特にそれがタービン翼・タービン羽根の翼部に対して用いられる場合には、その表面は、表面平滑性を増すために研磨され得る。セラミック遮熱コーティングは、好ましくは、セラテックス・エンジニアリング・リミテッド(Cerata Engineering Ltd.)から商標「CP2」でもって販売されている磁器研磨材を使った振動研磨によって、研磨される。この磁器研磨材は、柱状セラミックグレインを破壊することなく、セラミック遮熱コーティングの表面平滑性を増大させる。

【0076】【付記】

【付記1】図2Aに関連してこれまで実質的に説明した、セラミック遮熱コーティングを金属部材に施す方法。

【0077】【付記2】図3に関連してこれまで実質的に説明した、セラミック遮熱コーティングを金属部材に施す方法。

【0078】【付記3】図4に関連してこれまで実質的に説明した、セラミック遮熱コーティングを金属部材に施す方法。

【0079】【付記4】図5に関連してこれまで実質的に説明した、セラミック遮熱コーティングを金属部材に施す方法。

【0080】【付記5】図6に関連してこれまで実質的に説明した、セラミック遮熱コーティングを金属部材に施す方法。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術における、遮熱コーティングを有する金属部材の断面図である。

【図2】Aは本発明における、遮熱コーティングを有する金属部材の断面図、BはAに示した遮熱コーティングの部分拡大図である。

【図3】本発明における、他の遮熱コーティングを有する金属部材の断面図である。

【図4】本発明における、更なる他の遮熱コーティングを有する金属部材の断面図である。

【図5】本発明における、更なる他の遮熱コーティングを有する金属部材の断面図である。

【図6】本発明における、更なる他の遮熱コーティングを有する金属部材の断面図である。

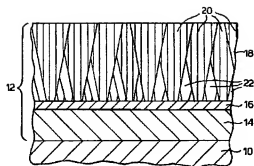
【図7】柱状セラミックグレイン中のサブグレインの傾角に対するセラミック遮熱コーティングのエロージョン率を示すグラフである。

【図8】柱状セラミックグレイン中のサブグレインの傾角に対するセラミック遮熱コーティングの熱伝導率を示すグラフである。

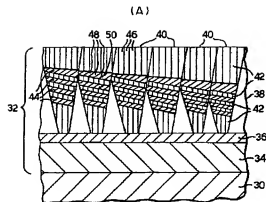
【符号の説明】

10、30、60、90、140…超合金部材
12、32、62、92、122、142…多層遮熱コーティング
14、34、64、94、124、144…ボンドコート
16、36、66、96、146…酸化物層
18、38、68、98、126、148…セラミック遮熱コーティング
20、40、76、100、128、150…柱状セラミックグレイン
42、44、78、80、102、104、130、132、152、154…層
48、82、84、106、108、134、136、156、158…サブグレイン
50、86、110、138、160…ボイド

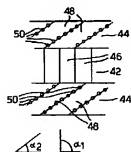
【図 1】



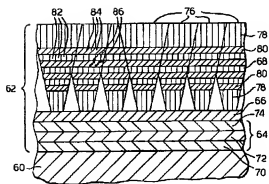
【図 2】



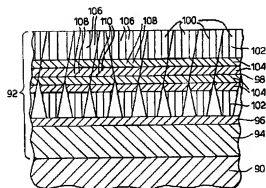
(B)



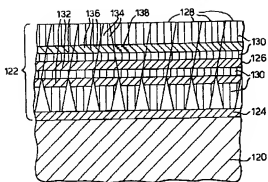
【図 3】



【図 4】

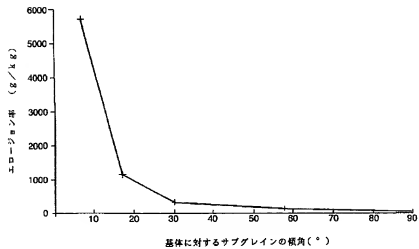
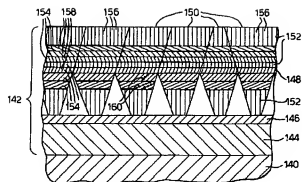


【図5】

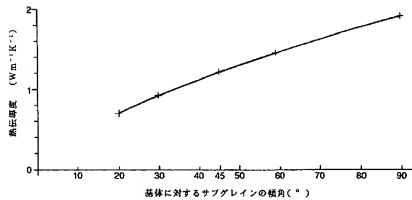


【図7】

【図6】



【図8】



フロントページの続き

(71)出願人 599006317

クロウマロイ ユナイテッド キングダム
リミテッド

イギリス ノッティンガム エヌジー15
3アールゼット イーストウッド リンク
メル ロード 1

(72)発明者 デイビッド エス. リッカービー

イギリス ダービー ディーイー6 4デ
イーエス ダッフイールド チェビン ロ
ード 11